

Com dissenya la natura?

Joaquim Viñolas
Arquitecte

La natura ha demostrat una sofisticada capacitat per crear i dissenyar formes complexes, úniques, belles i harmòniques. La intervenció de l'home i les seves pròpies creacions, més uniformitzades, han posat en perill aquesta harmonia i aquesta creativitat i això obliga ara a respondre a la necessitat ineludible d'adaptar el disseny de la producció humana a la dinàmica de la natura. L'autor analitza i descriu els processos i claus d'aquest disseny artesanal, complex, subtil i meravellós d'una natura en la lògica de la qual és una aberració dissenyar i produir alguna cosa al marge de les consideracions ambientals.

La interpretació de les diferents realitats i processos que es presenten a la natura, com a reflex d'un ordre intern o d'una planificació prèvia, ja va ser observada pels nostres avantpassats. Ells es van adonar de l'elegància formal que presentaven els éssers vius, i de fins a quin punt eren apropiades les estructures dels organismes a les funcions que havien de desenvolupar. Per ells, això constituïa una prova inequívoca de l'existència d'un Gran Dissenyador. Avui dia ens trobem molt lluny d'aquella actitud i de la seva possible interpretació, i sembla que tota la nostra atenció es dirigeix cap a la solució dels problemes relacionats amb el món artificial, en la configuració del qual intervenen significativament les diverses disciplines del disseny.

Aleshores, en aquests moments, què és el que fa que ens plantegem com aconseguim la natura dissenyar els seus objectes i controlar els seus processos? No aprofundirem en les respostes, únicament assenyalarem els dos aspectes que ens semblen clau. En primer lloc, ens estem adonant que l'entorn artificial, si bé en aparença respon a les nostres necessitats en l'àmbit quantitatiu, troba dificultats per proporcionar-nos una autèntica qualitat de vida juntament amb un cert sentit de l'harmonia. I, en segon lloc, la creixent problemàtica ecològica està revelant greus desequilibris estructurals i va generant un nou sentit per a la producció humana: el de la seva integració amb la dinàmica de la natura.

La natura és una formidable productora de realitats complexes. Totes sense excepció responen a una sèrie de principis

que els confereixen una gran qualitat intrínseca. Aquest és precisament el nostre propòsit: veure com aconseguim la natura crear un món farcit d'organismes, objectes inanimats i processos, sense arribar a la saturació, mantenint-se un ordre global i sense que se'n ressenteixi la qualitat.

L'essència

El terme *natura* es deriva del grec *physis*, que es defineix com l'essència dels éssers que posseeixen en si mateixos i com a tals el principi del seu moviment. La natura implica *moviment* per oposició al buit, entenent per moviment qualsevol procés de canvi, desenvolupament o creixement. Sant Tomàs considerava la natura com a «**conjunt de coses reals quant que segueixen un cert ordre**»; apareixeria així el segon aspecte essencial del natural, *l'ordre*. Moviment i ordre estarien implícits en totes les manifestacions de la natura, tant en les realitats animades o inanimades com en qualsevol mena de procés.

Però per poder referir-nos a la capacitat de la natura per *dissenyar* les seves realitats, ens manca el factor anticipació, la planificació prèvia d'aquestes realitats. Aquest estaria representat pel concepte de *teleologia*, que es definiria com a «**finalitat resident en l'encadenament causal de tots els fets**», i per la qual tot l'existent seria el resultat d'uns objectius definits d'antuvi, que garantirien la factibilitat, l'adequació i la qualitat finals d'un organisme o procés.



Principis generals

1. Com processa la natura tot el seu torrent productor? Tot es basa en els *cicles*. A través dels cicles, els fenòmens tendeixen a repetir-se amb uns ritmes determinats i a seguir uns patrons temporals precisos, s'estableixen uns mecanismes de coordinació i d'ajust globals, i s'obté com a resultat un tot harmònic. Els cicles incideixen directament en les condicions ambientals i, per tant, en les condicions per a la vida (el cicle més conegut és el de la successió natural de llum i obscuritat, que es troba coordinat en els animals i les plantes mitjançant un rellotge intern que regeix els processos i conductes necessaris en cada moment).

Mitjançant els cicles, la matèria i l'energia es mantenen en *circulació constant* seguint trajectòries tancades: quan un organisme mor, la matèria es descompon i entren en acció altres organismes, s'arriba al final a produir minerals essencials que serveixen per nodrir de nou la terra, i s'inicia de nou el cicle. L'essencial és que el fenomen pugui repetir-se, ja que en aquesta continuïtat rau l'especificitat dels processos de la vida. Com a conseqüència de la renovació constant de matèria i energia, a la natura no existeixen els *residus*, ja que tot és aprofitat i col·labora en el manteniment de les condicions més favorables per a la vida. L'aplicació del concepte de *reciclatge* als processos productius humans ens permetria passar dels cicles lineals, on els productes acaben convertint-se en residus sense cap utilitat, a cicles circulars en què els materials i l'energia podrien ser re-aprofitats per generar nova matèria i nova energia. Fases del cicle de vida d'un organisme: Fecundació - naixement - creixement - mort - transformació - nova fecundació. Fases del cicle de vida d'un producte: Concepció - producció - utilització - residu - ...?

2. L'univers està sotmès a les *lleis del caos*. Dins d'aquest context en què matèria i energia tendrien a estar dispersos pel

cosmos, apareix una natura que avorreix el buit, que lluita per contrarestar aquest caos. El conjunt de realitats naturals, constituiria un conjunt de *singularitats* sobre la base de criteris d'ordre.

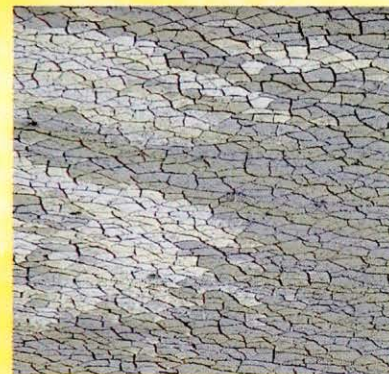
Que el desordre és sempre més probable que l'ordre, queda demostrat, per exemple, si considerem les múltiples formes amb què els components d'un sistema (una pila de maons per exemple) poden ordenar-se; observem que les configuracions aleatòries són molt més nombroses que les ordenades (casa).

Les noves lleis del caos influeixen en la idea que tenim de la natura: aquesta ja no seria l'expressió d'un ordre intrínsec, sinó el fruit d'una lluita excepcional per mantenir-lo, lluita que es traduiria en una nova natura *impredicible*.

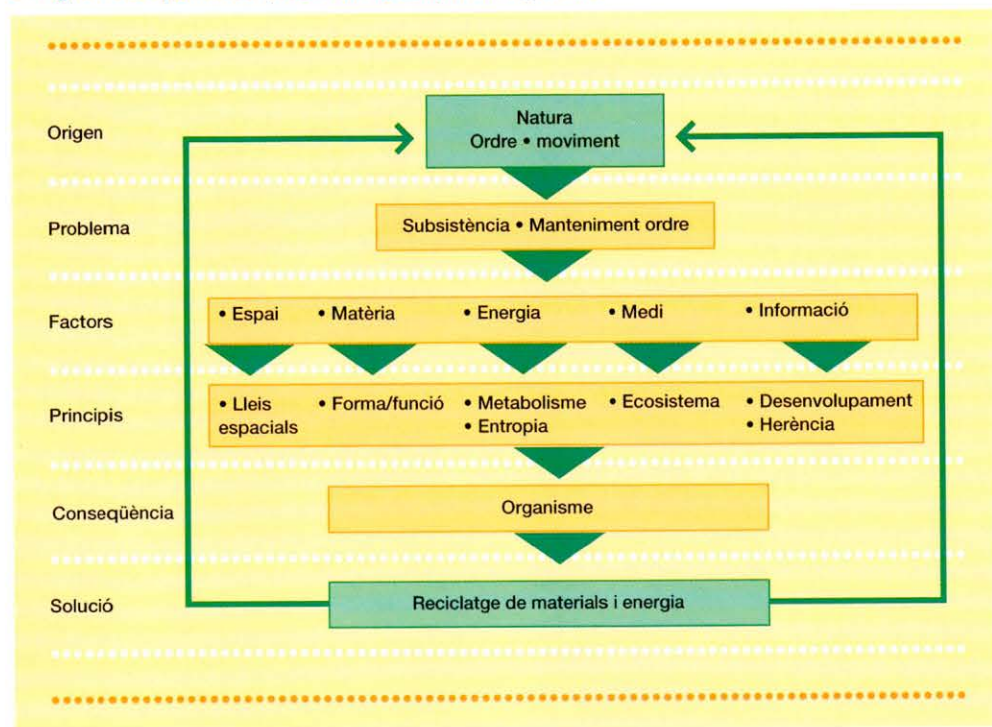
3. Entenem per «sistema» tot conjunt d'elements reunits per obtenir un determinat resultat. La natura és *sistemàtica*, atès que totes les seves realitats constitueixen sistemes en si mateixos. Això caracteritzaria tant una estructura mineral com un canvi climàtic, però, en estudiar els sistemes corresponents als éssers vius, hauríem d'afegir-hi un factor nou: hi existeix sempre un *objectiu d'acció* pel qual els organismes intenten perpetuar-se a si mateixos mitjançant una sèrie de mecanismes que no es presenten en la resta de les realitats. El que caracteritzaria així els sistemes biològics seria el *nivell de complexitat* més alt requerit per satisfer aquest objectiu (l'organisme unicel·lular més simple constitueix de fet una màquina més complexa que el millor rellotge de butxaca).

Els sistemes s'organitzen mitjançant *nivells jeràrquics*: tot sistema està constituït per altres sistemes (subsistemes), i al seu torn forma part de sistemes de més amplitud dels quals depèn. Allò sistemàtic teixeix una xarxa tupida de les relacions i dependències en tot l'existent, de manera que no és possible aïllar qualsevol element de la resta o de la totalitat del teixit.

Les noves lleis del caos influeixen en la idea que tenim de la natura: aquesta ja no seria l'expressió d'un ordre intrínsec, sinó el fruit d'una lluita excepcional per mantenir-lo, lluita que es traduiria en una nova natura impredicible.



● Figura 1. Esquema del procés de disseny d'un organisme



4. El caràcter sistemàtic de la natura es tradueix globalment en una interacció contínua entre els éssers vius, l'aire, l'aigua i els minerals, i s'obté un equilibri entre la comunitat viva i els mitjans inerts o inorgànics. Un *ecosistema* consisteix en un conjunt de relacions dinàmiques que s'estableix entre tots, produint-se un intercanvi de matèria i d'energia suficient per al manteniment de la vida. El conjunt de tots els ecosistemes funciona al seu torn com un ecosistema global. Aquestes serien les característiques d'un ecosistema:

- Funcionen com a sistemes globals.
- Presenten un alt nivell d'organització.
- Posseeixen els seus propis mecanismes de retro-alimentació i d'ajustament.
- Cada organisme es posiciona en relació amb els altres factors.
- Les substàncies segueixen cicles interns que permeten una renovació contínua.

La interpretació d'una ciutat com a *ecosistema urbà* requeriria reconsiderar tots els factors implicats en la realitat urbana en funció de les anteriors característiques. Es tractaria d'aconseguir la integració entre *la dimensió biològica, la cultural i la mediambiental*.

5. *Irreversibilitat*. La realitat de la natura es construeix de manera sistemàtica i imparable a partir de la història dels fets i els esdeveniments que no poden tornar mai enrera. Per a cada fenomen natural existeix un *sentit únic* autoritzat i un altre de prohibit: una pedra roda cap avall i no cap amunt, la calor flueix des de la cosa calenta a la cosa freda, les molècules es difonen des de regions on abunden vers altres on escassegen. Tot està sotmès a la fletxa del temps, que és una cosa que distingeix el passat del futur donant una direcció al temps.

Procés de canvi

1. De quina manera aconseguir la natura dirigir els processos de canvi vers el manteniment de la vida? Com transmet les instruccions sobre el tipus d'ordre que fa falta en cada moment?

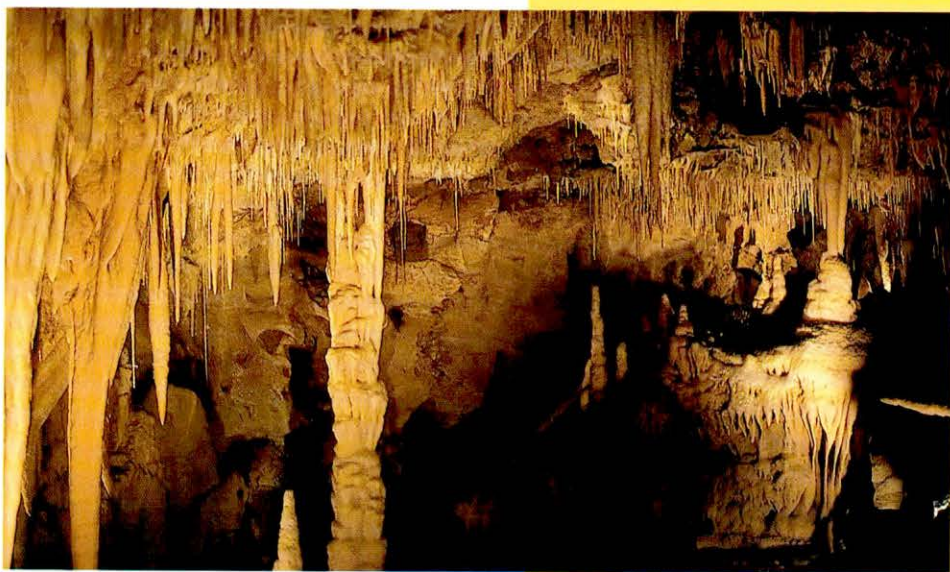
Els organismes constitueixen entitats que es generen a partir d'un element ínfim però essencial, capaç de multiplicar-se i estructurar-se per crear estructures molt complexes. Aquest element tan particular és la *cèl·lula*, o substrat fonamental sobre el qual s'estableixen totes les formes vives. Però el més important és que aquesta complexitat no s'obté únicament com a resultat final del procés, sinó que ja hi és prèviament patent a tall d'informació. Aquesta conté instruccions sobre el desenvolupament i el creixement, el metabolisme i fins i tot la mort. Es tracta d'una espècie de memòria biològica introduïda acuradament en cada una de les cèl·lules.

L'origen de la cèl·lula és la *polaritat* (formació de pols), mitjançant la qual s'estableix una primera diferenciació qualitativa i funcional. Els pols suposen una presa de posició, una *actitud* que categoritza la matèria conferint-li un signe determinat. A partir d'aquests, s'inicia el procés de *divisió* que consisteix en una multiplicació de les cèl·lules que al seu torn es tornen a dividir. Un tercer concepte completa els mecanismes bàsics de canvi a nivell cel·lular: la *diferenciació*. Aquesta es basa en un procés d'especialització pel qual s'atorga de manera selectiva i jeràrquica missions concretes a determinats grups de cèl·lules dins del conjunt de l'organisme (per exemple, per generar una cosa tan refinada com un òrgan de la visió, és necessària una gran llibertat de moviment i una gran concentració de cèl·lules amb tasques diverses en un espai reduït).

El secret de les estructures complexes rau a aconseguir incorporar dins de si mateixes la possibilitat de canvi i l'adaptabilitat, de manera que els resultats

finals s'obtindrien gradualment, fet que implicaria una gran capacitat per emmagatzemar i processar quantitats molt elevades d'informació.

2. Però la natura és massa prolífica: neixen molts més animals i plantes dels que poden arribar a sobreviure. Això requereix mecanismes capaços de controlar el que altrament seria una concentració caò-



tica d'espècies i individus. Apareix així la *selecció natural*. El *mercat* de la natura tendeix —a l'igual que passa en la nostra societat de consum— a la concentració. El nostre mètode és el de l'*addició*, el seu el de la *selecció*. El primer condueix de manera irrefrenable a la saturació, en canvi, el segon és capaç de mantenir l'equilibri.

Perquè el procés de la selecció natural contribueixi a la millora de la dinàmica de la vida, la natura selecciona, entre totes les formes vives, aquelles que s'adapten millor a les condicions definides pel mitjà. L'anomenada *selecció artificial* constitueix un tipus especial de selecció natural que es refereix a la interacció entre l'home i la resta dels éssers vius, per la qual aquell afavoreix la proliferació de determinades espècies i en reprimeix d'al-

La realitat de la natura es construeix de manera sistemàtica i imparable a partir de la història dels fets i els esdeveniments que no poden tornar mai enrera.



El camí de la superespecialització d'una espècie suposaria la seva ràpida extinció.

tres, arribant-se en alguns casos a l'extinció per sobreexplotació.

3. Els objectes creats per l'home de manera artesanal tenen un caràcter individual, presenten trets diferencials que els fan únics; en canvi, els productes industrials guanyen en precisió el que perden en individualització de l'objecte. Els objectes creats per la natura posseeixen en certa manera les propietats de l'artesanal (no poden existir dos individus idèntics d'una mateixa espècie), i alhora són unitats que formen part de la seva formidable capacitat productiva a nivell quantitatiu.

El mecanisme diferenciador dels organismes és el *gen*. Aquest transmet, d'una generació a una altra, mitjançant el procés de l'*herència*, la informació que conté les dades necessàries: les que concerneixen els caràcters de l'espècie tenen caràcter

tancat, mentre que les referents al desenvolupament de l'organisme són més oberts; en conseqüència no pot existir confusió amb la resta de les espècies ni amb la resta d'individus. Els gens contenen veritables biblioteques d'informació que s'estructuren en molècules mestres, les de l'ADN, que seria una substància *il·lustrada* que passaria a formar part de les cèl·lules; però la natura no es limita a injectar-hi aquestes instruccions, sinó que les pertorba una per una fent que elles mateixes desitgin transmetre la informació; neix així el *sexe*, que actua com un mecanisme que permet transferir i intercanviar amb molta rapidesa grans quantitats d'informació genètica.

El ritme de l'evolució seria excessivament lent si depengués d'una adaptació gradual, de manera que per accelerar els termes de canvi s'introdueixen canvis sobtats i accidentals en la informació genètica, que són les *mutacions*. Una mutació pot arribar a camins sense sortida o, casualment, si coincideix amb les condicions requerides pel mitjà, afavoreix una ràpida adaptació. Com diu Carl Sagan: **«Els secrets de l'evolució són la mort i el temps. La mort d'un gran nombre de formes vives que estaven imperfectament adaptades al medi ambient, i el temps per a una llarga successió de petites mutacions favorables».**

4. Els organismes vius constitueixen sistemes oberts travessats per fluxos de matèria i energia. Es denomina *metabolisme* el conjunt de canvis físics i biològics que tenen lloc en el seu interior i que es basa en el manteniment de dues tendències simultànies: una que tendeix a la formació de substància viva i una altra per la qual aquesta tendeix a destruir-se. Atès que l'univers tendeix al caos (és a dir, cap a l'augment de l'entropia), l'*ordre* sempre requereix un *treball* que al seu torn necessita *energia* (aquesta tendència pot comprendre's fàcilment si considerem les dificultats que tenim els éssers humans per mantenir ordenades

les nostres llars, ja que per si mateixes i sense cap esforç, serien cada vegada més caòtiques).

Característiques dels organismes

1. En l'àmbit biològic, els organismes vius i les cèl·lules constitueixen centrals energètiques que absorbeixen, transformen i emmagatzemen energia per estabilitzar els processos metabòlics. Els organismes tendeixen sempre a utilitzar la *mínima* quantitat de matèria i energia per sobreviure, són necessàriament grans estalviadors, ja que la natura no pot permetre's el luxe de malgastar-les en un cosmos on escassegen; per contra, necessita dosificar-les acuradament per subministrar la quantitat necessària allò on calgui (per exemple, el nivell del metabolisme basal o quantitat d'energia necessària per mantenir la vida de l'ésser humà, ronda les 2.000 Kcal per dia, la qual cosa equival només al consum d'un llum de 100 wats).

2. Si bé els organismes són sistemes oberts als intercanvis de matèria i energia, *estructuralment* són conjunts perfectament definits de matèria. Existeix una sèrie de forces internes que eviten que la matèria es dispersi, que *lliguin* entre si aquestes agrupacions mantenint a diferent nivell l'estabilitat (gravitatòria, electromagnètica, nuclear dèbil i nuclear forta). L'estructura física dels éssers vius es troba altament especialitzada: la matèria es distribueix de manera selectiva i jeràrquica responen sempre a les diferents funcions requerides. Un organisme és un *tot* funcional. Forma i funció serien aspectes indissociables que es condicionarien mútuament i, a més, aquesta característica es produiria a tots els nivells (estructura cel·lular, d'un teixit, d'una clàvula, de la retina). A la natura no poden existir formes gratuïtes o injustificades, res no pot ser sobreposat o sostret d'una estructura natural perquè tot respon a alguna finalitat, fet que fa absurd el concepte d'*ornament*. No obstant això,

la qualitat en els detalls més petits està garantida.

3. La construcció d'un organisme no es produeix a partir de la suma de parts individuals, aïllables i combinables entre si, sinó que tots els elements constituents es generaran *mútuament* dins d'una relació d'interdependència. Un organisme és, per tant, un *tot integrat*. Aquesta característica dóna als organismes un cert hermetisme, en el sentit que no hi podem intervenir d'una manera reduccionista o parcial (p. ex. trasplantaments d'òrgans). El tot funcional es referiria al compromís entre *cada* forma i el que se'n requereix, mentre que el tot integrat es referiria al tipus de diàleg *entre* les diverses formes i les diferents necessitats funcionals.

4. Viure és subsistir en un mitjà no biològic marcat per condicions ambientals diverses tals com temperatura, llum, humitat, salinitat, oxigen, etc. Dins d'aquestes pre-existències, els marges perquè la vida es produeixi estan limitats tant superiorment com inferior, i tot i que sempre existeixen situacions més favorables que altres per a la vida, sempre es dóna una correspondència entre aquestes i les espècies que han aconseguit adaptar-s'hi. El medi gestiona la biodiversitat a la Terra, distribuint d'una manera pormenoritzada les realitats animades i inanimades, i establint les bases de cada ecosistema. Des del punt de vista de la natura, dissenyar i produir un producte al marge de les consideracions ambientals, seria una aberració.

5. Els organismes expressen solucions als diversos requeriments, però aquestes solucions no són les òptimes, en el sentit que no requereixen una màxima especialització davant de sol·licitacions molt concretes. Això, que sembla una imperfecció, en realitat és una característica essencial que han de presentar tots els organismes: atès que les condicions externes són canviants, és necessari que les solucions siguin inacabades i obertes de manera que existeixi un marge per a futures adaptacions. El camí de la super-

especialització d'una espècie suposaria la seva ràpida extinció. Segon Bocchi, la transposició de la *suboptimalitat* en el context humà, ens portaria «**no tan sols a replantejar els productes, sinó també els sistemes econòmics, tecnològics i socials sobre la base d'un nivell d'especialització prou baix per possibilitar l'evolució.**».

6. La *sinergia* es refereix a la propietat que tenen els éssers vius per constituir una estructura amb capacitat d'*autoorganització*. Aquesta s'aconsegueix a partir d'un objectiu d'acció comuna i una estreta cooperació entre tots els elements constituents. Una màquina no *sap* el que necessita en cada moment i com aconseguir-ho, un organisme sí. La sinergia constitueix una espècie de *sentit col·lectiu* que rau en cada òrgan, teixit o cèl·lula, de manera que aquests, a un cert nivell, no necessiten instruccions directes d'altres centres de comandament. Aquests processos serien, doncs, intrínsecs a la matèria orgànica i es traduirien en termes d'autonomia: no cal explicar continuament com s'ha d'actuar.

Processos de formalització

1. Si l'ordre és una *singularitat* del caos, el conjunt de les estructures organitzades constituïria un cosmos de singularitats. Cada forma és una resposta a problemes organitzatius i a condicionants de tota mena, però, contràriament al que es pogués pensar en un principi, a la natura únicament són factibles algunes possibilitats de formalització, la qual cosa ens condueix a un repertori limitat de solucions: la natura no pot permetre's el luxe d'elaborar solucions específiques per a cada necessitat, sinó que es veu obligada a establir uns recursos bàsics en els qual s'elaboren i reelaboren uns temes determinats. Aquests temes es repeteixen en contextos i escales diverses, mantenint-se uns criteris organitzatius i unes pautes comunes. Cada forma té el seu propi camp de dimensions i es troba limitada

tant superiorment com inferior; així, una gota d'aigua pot contenir una quantitat limitada de líquid fins que el volum fa que se superi la tensió superficial, en conseqüència no poden existir gotes d'aigua grosses com una poma (irònicament, podríem dir que per a la natura no existeixen les fotocopiadores, ja que no té sentit ampliar o reduir il·limitadament les grandàries de les formes).

2. Quins són els model formals bàsics de la natura i quines són les seves aplicacions? En funció dels vincles que podem establir entre diversos punts distribuïts a l'atzar, obtenim quatre tipus d'estructura que representen models omnipresents a la natura: *espiral*, *sinuosa*, *radial* i *ramificada*. La figura en *espiral* no presenta connexions directes entre els diversos punts i el centre, fet que no la fa útil per exemple per a un arbre que ha de transportar els nutrients des del tronc fins a les fulles. La forma *radial*, que permet un contacte directe entre tots els punts i el centre, resulta perfecta per a processos ràpids o bruscos que s'originen en un punt. El model *ramificat* seria idoni per a aquest arbre en el qual es requereix bona connexió amb el centre però sense dependència directa. Finalment, el model *sinuós* resulta interessant quan cal adaptabilitat, connexió lineal i un estalvi d'espai, com seria el cas de l'intestí. Efectuarem a continuació un recorregut pels principals recursos de formalització que presenta la natura. Quatre estan basats directament en els models bàsics exposats, d'altres constitueixen dinàmiques formals que requereixen ser estudiades al marge d'aquests.

3. Aquest seria el cas de les *turbulències*, que tot i no poder-se estudiar a partir dels models anteriors, són molt freqüents i representen el model primordial que reflecteix el constant fluir de l'univers. La seva dinàmica va associada a la de les espirals i les hèlixs, i es produeix en processos tals com afegir llet al te, un tornado o una galàxia. Les turbulències, amb els seus fenòmens associats, es generen

sempre que es presenta una pertorbació en un corrent de fluid qualsevol, ja sia a causa del fregament contra la superfície que el limita, o bé contra un corrent que es mou en la direcció oposada. Geomètricament una *espiral* és una corba que gira al voltant d'un punt allunyant-se'n regularment. Les espirals estan privilegiades per la natura, i són utilitzades en infinitat de processos de creixement en els quals es requereix un desenvolupament gradual a partir d'un patró de gir que sempre es manté. En canvi, una *hèlix* és una corba que es genera en un moviment circular produint-se alhora un desplaçament al llarg de l'eix, i s'utilitza quan es requereix connexió lineal i alhora flexibilitat en sentit longitudinal.

4. Si en un cos que creix, la superfície d'un dels seus costats és més gran que l'altra, aleshores la forma es va corbant sobre si mateixa, però si el creixement oscil·la de manera irregular n'obtenim una forma *sinuosa*; i a l'últim, si l'oscil·lació és regular primer cap a un cantó i després cap a l'altre, aleshores obtenim una *ondulació*. Les *formes sinuoses* són estructures lineals en les quals no existeix una direcció preferent, tendint-se sempre a ocupar tot l'espai disponible i sent aquest el mínim possible. Un bon exemple seria el de l'intestí prim, que presenta una estructura sinuosa de 3 a 5 metres, i ofereix amb la seva gran longitud una màxima superfície de contacte amb els aliments que provenen de l'estómac, fet que permet la seva ràpida i eficaç absorció. Les *ondulacions* també són formes de desenvolupament lineal, però en aquest cas es manté estrictament una direcció preferent i se segueixen patrons regulars. Les ondulacions estarien representades en qualsevol fenomen vibratori i en qualsevol forma d'energia que es tradueixi en ones. El seu objectiu és facilitar la propagació de l'energia en l'espai.

5. Ramificacions. És propi de les *ramificacions* que una part d'alguna cosa es derivi d'una altra part principal. En els pro-



A la natura no es produeixen mai formes geomètriques exactes, aquestes sempre resulten ser aproximacions més o menys fidels a la geometria de base. Una geometria exacta és per definició rígida i superespecialitzada i, per tant, tancada a les variacions externes.

cessos de ramificació, que es presenten a la natura tant en rius, com en arbres o en espurnes elèctriques, sempre s'estableixen *ordres* pels quals les branques principals a partir de les quals s'origina el procés tendeixen a ser menys nombroses i més curtes (en arbres més resistents i pesants) que les secundàries, més nombroses i extenses (lleugeres i flexibles). A més, els *angles* de ramificació es presenten en tots els sistemes, ja es tracti de rius, artèries o electrons, segons el principi del mínim esforç, sent més tancats els pertanyents a les branques principals i més oberts els de les secundàries. L'objectiu de la ramificació és permetre el desenvolupament de la forma on interessa una extensió progressiva en l'espai, mantenint-se una bona relació amb el centre de creixement, generant-se trajectes suficientment curts per perme-

tre la transmissió de fluxos de matèria i/o energia.

6. El model formal que caracteritza les *formes radials* es basa en una estructura en la qual tots els punts perifèrics estan units directament amb el centre, i existeix una dependència total en relació amb aquest. La densitat de les trajectòries disminueix com més gran és la distància entre tots dos. El model radial és l'únic capaç d'enfrontar-se al problema de les explosions, en les quals es produeix una expansió violenta a nivell tèrmic, mecànic i acústic, que demana una repentina dispersió energètica.

7. El procés de la *divisió* va associat com hem vist als processos de la vida, té per tant una màxima rellevància malgrat que no és tan observable a simple vista atesa la seva escala física. A diferència de la ramificació, en la qual es passa de l'ú-

nic al múltiple sense necessitat d'establir rígides jerarquies, que generen unitats formals diferenciades, i poden fins i tot generar en cada nova divisió dos éssers independents biològicament (com passa en el cas dels organismes unicel·lulars). L'agrupament resol estructures formades per elements múltiples que presenten grandàries i formes similars, sent la seva finalitat l'estalvi d'espai, fet que obliga a un ajust molt precís entre ells que permet obtenir un conjunt més compacte i menys vulnerable. El caràcter modular i múltiple dels elements implicats és comú tant en l'una com en l'altra, però en el primer cas la divisió és una condició per al creixement, mentre que en el segon, més aviat és el reflex del resultat final del procés. La divisió multiplica, l'agrupament concentra.

8. A la natura no es produeixen mai formes geomètriques exactes, aquestes sempre resulten ser aproximacions més o menys fidels a la geometria de base (apareix de nou l'adaptabilitat com a condició essencial dels organismes). Una geometria exacta és per definició rígida i superespecialitzada i, per tant, tancada a les variacions externes, en canvi, una estructura basada en una geometria, manté un ordre estricte i és alhora capaç de rebre influències externes i d'adaptar-s'hi. No totes les formes geomètriques definides per l'home són factibles a la natura (per exemple, pel que fa als polígons i políedres, només són capaces de desenvolupar-se sobre un pla les estructures basades en el triangle, quadrat o hexàgon, o les combinacions d'aquests tres, i en tres dimensions, únicament són capaces de generar una forma unitària, el triangle, el quadrat i el pentàgon). La natura mostra també certes preferències, així, els pentàgons són molt freqüents entre les flors però no es troben en els cristalls; els hexàgons predominen als dissenys repetitius bidimensionals però no en les estructures tridimensionals.

Com més gran és la grandària d'un organisme, més evidents es fan les restric-

cions de l'espai i això es tradueix en una menor llibertat de moviment; i en el sentit invers, les petites estructures sovint mostren una gran diversitat de tipus formal. Un dels millors exemples és el que ens ofereixen les *diatomees*, que són algues unicel·lulars que es revesteixen d'una cuirassa de silicats capaç de generar diversitat de formes geomètriques amb un nivell de detall altíssim.

9. Vegem ara el tema de les textures. L'acceptació de textura que aquí ens interessa es refereix a tota caracterització de la superfície d'un organisme; ens acostaríem així al que en termes de disseny es refereix als acabats superficials dels productes. Ens interessa estudiar el repertori de solucions de la natura a la capa límit de contacte entre els organismes i el medi. També aquí veiem que es presenta un repertori limitat de recursos, cada un dels quals amb un objectiu concret. Les més freqüents serien:

- Pell: Sensibilitat, elasticitat, porositat
- Cabells: Aïllament tèrmic/humitat, protecció intempèrie
- Escates: Protecció, flexibilitat, eliminabilitat
- Petxina: Protecció, duresa, rigidesa, impermeabilitat
- Espines: Protecció, reversibilitat
- Plomes: Resistència al vent, aïllament, lleugeresa
- Escorça: Protecció a la intempèrie
- Closca: Protecció, alliberament de l'interior, impermeabilitat

Comunicació

Ara farem algunes consideracions sobre la comunicació a la natura.

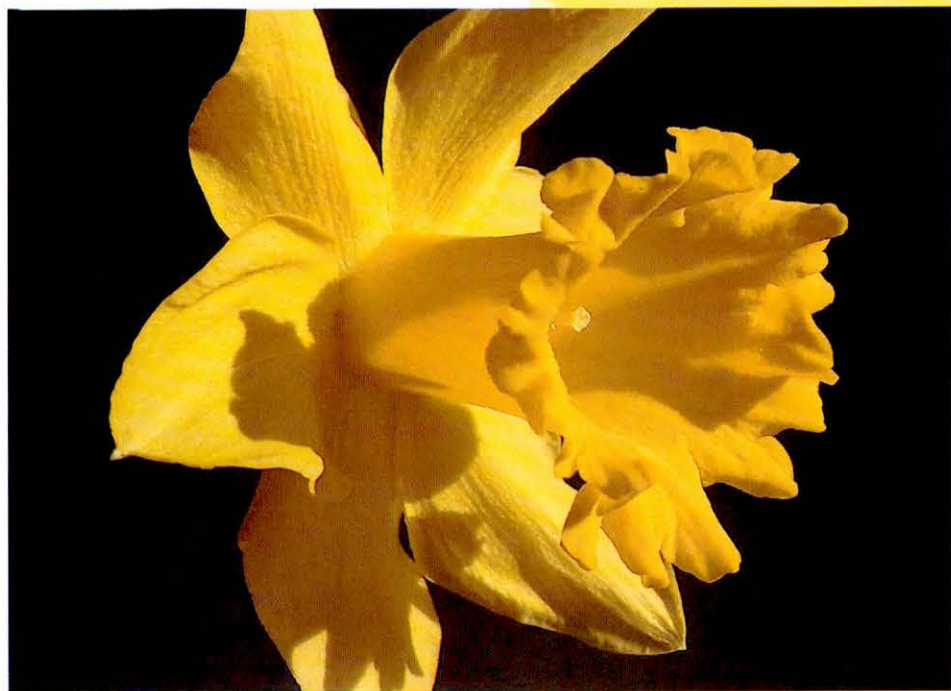
1. Els organismes es comuniquen amb si mateixos a través dels mecanismes de percepció interns, i aquí no existeixen conflictes atès que tots els fluxos d'estímuls es troben canalitzats vers el manteniment de l'estabilitat metabòlica. El problema sorgeix quan sortim de la matèria orgànica i hem de relacionar-nos amb una altra matèria orgànica. Fora, tot depèn de la mena

d'estímul, de com ens arriba i de com el percebem a través dels mecanismes sensorials externs. Els estímuls són totalment *relatius*, ja que el que és perceible per un organisme pot no ser-ho per un altre.

2. Dins de qualsevol ecosistema, es generen subtils «músiques» que reflecteixen tota mena de llenguatges i interaccions perceptives. L'equilibri intrínsec en tot ecosistema es reflecteix en l'àmbit comunicatiu, en una absència d'entorns *semàntics* saturats (quantitat d'estímuls), i en una absència de distorsions (qualitat d'aquests estímuls). Tota introducció d'un estímul extern en un ecosistema donat requeriria una adaptació perceptiva paral·lela a la biològica (un dingo australià no tem inicialment els trets d'un caçador perquè no els identifica i no els interpreta com a senyal d'alarma).

Per què a l'ésser humà el relaxen els sons de la natura i en canvi li resulta difícil suportar el silenci absolut? Probablement perquè els primers el transporten al seu medi originari sortejant les interferències culturals, i el segon, en canvi, l'enfronta amb el buit. Per què ens resulta tan estressant el flux d'estímuls propi de les grans ciutats? Perquè aquest expressa un desequilibri comunicatiu en el qual es produeix una saturació i pèrdua de qualitat dels missatges, que ens confon i ens frustra; i perquè es produeix una dura restricció al nostre potencial perceptiu: qualsevol pel·lícula d'acció (una de l'Stallone, per exemple) tendeix a saturar la capacitat visual i aural d'imatges i sons violents i primaris, bloquejant la captació del detall i del subtil (vegeu Dersu Uzala).

3. Què podem aprendre de la natura pel que fa als processos de *seducció*? Seduir és un terme ambigu però, en un sentit ampli, podria aplicar-se a tots els éssers vius dotats de capacitat sensorial. Estaria relacionada amb tota acció per la qual un organisme pretendria captivar-ne un altre amb la intenció d'aconseguir alguna cosa. Dos serien els mecanismes bàsics de la seducció: els morfològics i/o



cromàtics, i els de comportament. Els objectius de la seducció són molt amplis, incloent-hi la perpetuació de l'espècie, aconseguir aliments, protecció o respecte. En contra del que sembla, no és patrimoni exclusiu dels éssers humans ni dels animals, ja que les plantes posseeixen els seus propis mecanismes per captivar: les flors són autèntics òrgans sexuals que presenten un extraordinari refinament i que actuen de manera selectiva, per exemple, atraient determinades espècies d'insectes perquè les pol·linitzin.

L'essencial és que la capacitat de seducció d'un ésser viu és sempre una qualitat *intrínseca*, cosa que li és pròpia, i que s'exhibeix des de la seva realitat completa i nua.

4. La natura funciona des de fa milions d'anys i sempre ho ha fet de manera *interactiva*. La base de la dinàmica dels sistemes complexos descansa sobre la necessitat que els sistemes interactuïn entre si: «**La natura no és més que aquesta estranya solidaritat de sistemes acumulats que s'edifiquen uns sobre els altres, amb els altres, contra els altres?**» (E. Morin). L'ésser humà no ha aconseguit construir els primers artefactes interactius fins aquests últims anys, però encara la complexitat de càlcul implicada en els processos biològics es troba a un nivell inabastable.

La natura funciona des de fa milions d'anys i sempre ho ha fet de manera interactiva. La base de la dinàmica dels sistemes complexos descansa sobre la necessitat que els sistemes interactuïn entre si.

5. Quina és la idea de *realitat* que actualment podria desprendre's de la natura? Seria quelcom d'infinítament profund, complex i relatiu, atès que la noció del real depèn de la manera de percebre-la, i aquesta és pròpia de cada organisme. És probable que ens acostem més a la realitat d'alguna cosa si considerem que aquesta està constituïda per totes les visions possibles que se'n puguin obtenir. Aquesta noció del real, ens acostava a la que es desprèn de la realitat virtual, que es refereix a una experiència que existeix únicament dins del món sensorial d'un organisme.

6. I per acabar, la natura és un immens *escenari* en el qual es representen infinitat d'obres simultàniament, i en el qual tots els actors tenen un paper assignat. A través d'allò que els humans entenem com a *paisatge*, la natura es converteix en una construcció cultural de l'home. Però un paisatge és quelcom que es contempla des d'una posició de cert privilegi i exterioritat. Ens falta ser conscients del gran pas: aprendre a despullar de nou la nostra racionalitat per recuperar així el seu sentit biològic, i assumir el paper que la natura ens reserva a cadascun de nosaltres. Aquest és el repte del moment històric que ens ha tocat viure ●